

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004年4月1日 (01.04.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/027124 A1(51) 国際特許分類⁷: C30B 29/06, 15/00

(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/011760

(22) 国際出願日: 2003年9月12日 (12.09.2003)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2002-271240 2002年9月18日 (18.09.2002) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱住友シリコン株式会社 (SUMITOMO MITSUBISHI

SILICON CORPORATION) [JP/JP]; 〒105-8634 東京都港区芝浦1丁目2番1号 Tokyo (JP).

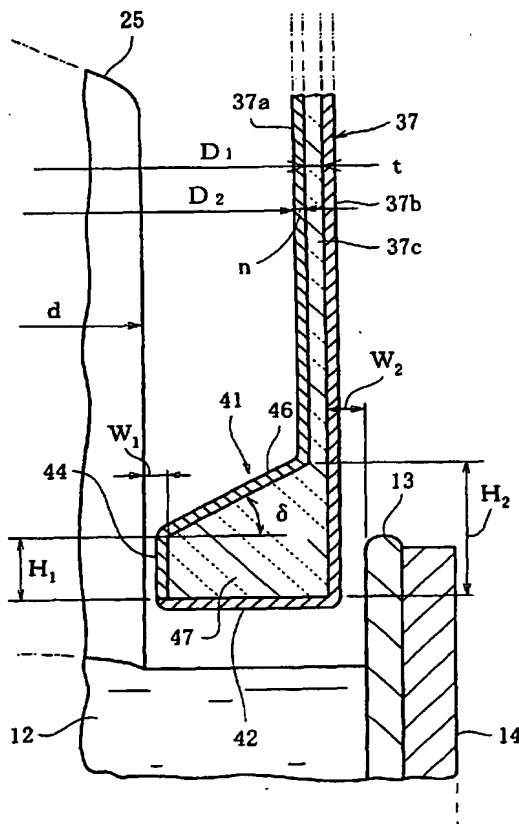
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 原田 和浩 (HARADA, Kazuhiro) [JP/JP]; 〒105-8634 東京都港区芝浦1丁目2番1号三菱住友シリコン株式会社内 Tokyo (JP). 符森林 (FU, Senlin) [JP/JP]; 〒105-8634 東京都港区芝浦1丁目2番1号三菱住友シリコン株式会社内 Tokyo (JP). 鈴木 洋二 (SUZUKI, Yoji) [JP/JP]; 〒105-8634 東京都港区芝浦1丁目2番1号三菱住友シリコン株式会社内 Tokyo (JP). 降屋 久 (FURUYA, Hisashi) [JP/JP]; 〒105-8634 東京都港区芝浦1丁目2番1号三菱住友シリコン株式会社内 Tokyo (JP). 阿部 秀延 (ABE, Hidenobu) [JP/JP]; 〒

[続葉有]

(54) Title: THERMAL SHIELD MEMBER OF SILICON SINGLE CRYSTAL PULLING SYSTEM

(54) 発明の名称: シリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材



(57) Abstract: A thermal shield member (36) being provided in a system for pulling a silicon single crystal rod (25) from molten silicon (12) stored in a quartz crucible (13), comprising a tubular section (37) surrounding the outer circumferential surface of the silicon single crystal rod and shielding it from radiation heat from a heater (18), an inflating section (41) provided at a lower part of the tubular section, and a ring-like heat accumulating member (47) provided in the inflating section. The heat accumulating member has a thermal conductivity of $5 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ or less, the inner circumferential surface of the heat accumulating member has height (H_1) between 10 mm and $d/2$ where d is the diameter of the silicon single crystal rod, the minimum interval (W_1) between the outer circumferential surface of the silicon single crystal rod and the inner circumferential surface of the heat accumulating member is between 10 mm and $0.2d$, the vertical distance (H_2) between the upper edge of the outer circumferential surface of the heat accumulating member and the lowermost part is between 10 mm and d , and the minimum interval (W_2) between the inner circumferential surface of the quartz crucible and the outer circumferential surface of the heat accumulating member is between 20 mm and $d/4$.

(57) 要約: 熱遮蔽部材 (36) は、石英るつぼ (13) に貯留されたシリコン融液 (12) からシリコン単結晶棒 (25) を引上げる装置に設けられ、シリコン単結晶棒の外周面を包囲してヒータ (18) からの輻射熱を遮る筒部 (37) と、筒部の下部に設けられた膨出部 (41) と、膨出部の内部に設けられたリング状の蓄熱部材 (47) とを備える。蓄熱部材は熱伝導率が $5 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ 以下であり、シリコン単結晶棒の直径を d とするとき蓄熱部材の内周面は高さ (H_1) が 10 mm 以上 $d/2$ 以下であってシリコン単結晶棒の外周面と蓄熱部材の内周面との最小間隔 (W_1) が 10 mm 以上 $0.2d$ 以下であり、蓄熱部材の外周面の最上縁と最下部との垂直距離 (H_2) が 10 mm 以上 d 以下であって石英るつぼ内周面と蓄熱部材の外周面との最小間隔 (W_2) が 20 mm

以上 $d/4$ 以下である。



105-8634 東京都 港区 芝浦 1 丁目 2 番 1 号 三菱住友
シリコン株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 須田 正義 (SUDA, Masayoshi); 〒170-0013 東
京都 豊島区 東池袋 1 丁目 1 番 1 号 日本生命東池
袋ビル Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,
BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR,
HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI,
NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,
SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ,
SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許
(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),
OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される
各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

シリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材

技術分野

本発明は、シリコン単結晶棒を引上げて育成する装置に設けられた熱遮蔽部材に関するものである。

背景技術

従来、この種のシリコン単結晶引上げ装置として、チャンバ内にシリコン融液が貯留された石英るつぼが収容され、シリコン単結晶棒の外周面と石英るつぼの内周面との間にシリコン単結晶棒を包囲するように熱遮蔽部材が挿入された引上げ装置（例えば、特公昭57-40119号公報）が開示されている。この装置における熱遮蔽部材は引上げられるシリコン単結晶棒の外周面を包囲しかつ下端がシリコン融液表面から間隔をあけて上方に位置しヒータからの輻射熱を遮る筒部を有し、この熱遮蔽部材はシリコン単結晶棒の外周面と筒部の内周面との間を流下する不活性ガスをスムーズに導くように構成される。この引上げ装置では、露出した石英るつぼの内周壁からの輻射熱を熱遮蔽部材が遮ることにより、輻射熱がシリコン単結晶棒の外周面に達することを防止して、引上げ中のシリコン単結晶棒の凝固を促進し、シリコン単結晶棒を速やかに冷却するようになっている。

また、この種の熱遮蔽部材として、筒部が輻射熱の温度域における耐熱性を有する黒鉛等の母材と、この母材のシリコン単結晶棒側の面を被覆しかつ母材より輻射率が小さい石英等の被覆材とを有する多層構造に形成されたものが開示されている（例えば、特開平8-325090号公報）。このように構成された熱遮蔽部材では、熱輻射率の大きい母材を、この母材より熱輻射率の小さい被覆材で被覆したので、シリコン単結晶棒へのるつぼ及びヒータの輻射熱の遮断効果を向上できる。この結果、シリコン単結晶棒の冷却の促進による引上げ速度を増大でき、シリコン単結晶棒の生産性を向上できる

ようになっている。

一方、半導体集積回路を製造する工程において、歩留りを低下させる原因として酸化誘起積層欠陥 (Oxidation-induced Stacking Fault、以下、OSFという。) の核となる酸素析出物の微小欠陥や、結晶に起因したパーティクル (Crystal Originated Particle、以下、COPという。) や、或いは侵入型転位 (Interstitial-type Large Dislocation、以下、L/Dという。) の存在が挙げられている。OSFは、結晶成長時にその核となる微小欠陥が導入され、半導体デバイスを製造する際の熱酸化工程等で顕在化し、作製したデバイスのリーク電流の増加等の不良原因になる。またCOPは、鏡面研磨後のシリコンウェーハをアンモニアと過酸化水素の混合液で洗浄したときにウェーハ表面に出現する結晶に起因したビットである。このウェーハをパーティクルカウンタで測定すると、このビットも本来のパーティクルとともに光散乱欠陥として検出される。

このCOPは電気的特性、例えば酸化膜の経時絶縁破壊特性 (Time Dependent dielectric Breakdown、TDDDB)、酸化膜耐圧特性 (Time Zero Dielectric Breakdown、TZDB) 等を劣化させる原因となる。またCOPがウェーハ表面に存在するとデバイスの配線工程において段差を生じ、断線の原因となり得る。そして素子分離部分においてもリーク等の原因となり、製品の歩留りを低くする。更にL/Dは、転位クラスタとも呼ばれたり、或いはこの欠陥を生じたシリコンウェーハをフッ酸を主成分とする選択エッチング液に浸漬するとビットを生じることから転位ビットとも呼ばれる。このL/Dも、電気的特性、例えばリーク特性、アイソレーション特性等を劣化させる原因となる。この結果、半導体集積回路を製造するために用いられるシリコンウェーハからOSF、COP及びL/Dを減少させることが必要となっている。

このOSF、COP及びL/Dを有しない無欠陥のシリコンウェーハを切出すために、ボロンコフ (Voronkov) の理論に基づいたシリコン単結晶棒の製造方法が (例えば、米国特許番号 6, 045, 610号及び特開平 11-1393号公報) に開示されている。このボロンコフ (Voronkov) の理論で

は、シリコン単結晶棒を速い速度で引上げると、シリコン単結晶棒内部に空孔型点欠陥の凝集体が支配的に存在する領域〔V〕が形成され、シリコン単結晶棒を遅い速度で引上げると、シリコン単結晶棒内部に格子間シリコン型点欠陥の凝集体が支配的に存在する領域〔I〕が形成される。このため上記製造方法では、シリコン単結晶棒を最適な引上げ速度で引上げることによりシリコン単結晶棒の軸方向における温度勾配の径方向分布を略均一にして、上記点欠陥の凝集体が存在しないパーフェクト領域〔P〕からなるシリコン単結晶棒を製造できるようになっている。

しかし、特開平 8-325090 号公報に示された単結晶引上げ装置における熱遮蔽部材では、シリコン融液から引上げられるシリコン単結晶棒の外周面からの放熱量が多いため、シリコン単結晶棒の中央における軸方向の温度勾配に比較してシリコン単結晶棒の外周部における軸方向の温度勾配は高くなり、シリコン単結晶棒の軸方向における温度勾配の径方向分布を均一にすることができない不具合がある。特に、シリコン単結晶棒の大口径化が進むと、上記シリコン単結晶棒の中心部と外周部との軸方向における温度勾配の差は更に大きくなることが予想される。このため、シリコン単結晶棒中に上記差に基づく熱的ストレスが発生して無欠陥のシリコン単結晶棒を得ることができないおそれがあった。

本発明の目的は、シリコン融液から引上げ中のシリコン単結晶棒の下部外周部の急激な温度低下を阻止することにより、シリコン単結晶棒の中心部と外周部との軸方向における温度勾配の差を縮めて無欠陥のシリコン単結晶棒を得るシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材を提供することにある。

発明の開示

請求項 1 に係る発明は、図 2 に示すように、石英るつぼ 13 の外周面を包囲するヒータ 18 により加熱されてその石英るつぼ 13 に貯留されたシリコン融液 12 からシリコン単結晶棒 25 を引上げる装置に設けられ、下端がシリコン融液 12 表面から間隔をあけて上方に位置しかつシリコン単結晶棒 25 の外周面を包囲してヒータ 18 からの輻射熱を遮る筒部 37 と、筒部 37

の下部に筒内の方向に膨出して設けられた膨出部 4 1 と、膨出部 4 1 の内部に設けられシリコン単結晶棒 2 5 の下部外周面を包囲するリング状の蓄熱部材 4 7 とを備えた熱遮蔽部材の改良である。

その特徴ある構成は、図 1 に示すように、蓄熱部材 4 7 は熱伝導率が $5 \text{ W} / (\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ 以下であり、蓄熱部材 4 7 はシリコン単結晶棒 2 5 の軸心線に対して平行に又は -30 度以上 $+30$ 度以下の角度で傾斜する内周面を有し、シリコン単結晶棒 2 5 の直径を d とするとき d が 100 mm 以上であり蓄熱部材 4 7 の内周面は高さ H_1 が 10 mm 以上 $d/2$ 以下であってシリコン単結晶棒 2 5 の外周面との最小間隔 W_1 が 10 mm 以上 $0.2d$ 以下になるように形成されたところにある。

この請求項 1 に記載されたシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材では、膨出部 4 1 より下方のシリコン融液近傍におけるシリコン単結晶棒 2 5 の周囲は高温のヒータ 1 8 及びシリコン融液 1 2 によって積極的に加熱される。一方、膨出部 4 1 の内部に設けられた蓄熱部材 4 7 も高温のヒータ 1 8 及びシリコン融液 1 2 によって積極的に加熱され、この膨出部 4 1 に対向するシリコン単結晶棒 2 5 の周囲は加熱された蓄熱部材 4 7 によって加熱される。これにより、シリコン単結晶棒 2 5 の下部外周部の急激な温度低下は阻止され、この部分におけるシリコン単結晶棒 2 5 の軸方向における温度勾配の径方向分布が略均一となり、ボロンコフの V/G モデルにより、無欠陥のシリコン単結晶棒 2 5 を製造することができる。

一方、膨出部 4 1 より上方の筒部 3 7 の内側は、膨出部 4 1 の内部に設けられた蓄熱部材 4 7 により高温のシリコン融液 1 2 からの輻射熱が遮られ、筒部 3 7 によりヒータ 1 8 からの輻射熱も遮られる。よって、膨出部 4 1 より上方に位置するシリコン単結晶棒 2 5 からの放熱は上述したシリコン単結晶棒 2 5 の下部に比較して促進される。

ここで、蓄熱部材 4 7 の熱伝導率が $5 \text{ W} / (\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ を超えるか、或いは蓄熱部材 4 7 の内周面における高さ H_1 が 10 mm 未満であるか、又はシリコン単結晶棒 2 5 の外周面と蓄熱部材 4 7 の内周面との最小間隔 W_1 が $0.2d$ を越えると、シリコン融液 1 2 からの輻射熱の十分な断熱ができない。この

蓄熱部材 47 の好ましい熱伝導率は $1 \text{ W} / (\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ 以下である。また、蓄熱部材 47 の内周面における高さ H_1 が $d/2$ を越えるとこの蓄熱部材 47 を内蔵する膨出部 41 が大型化して膨出部 41 より上方に位置するシリコン単結晶棒 25 からの放熱を促進することが困難になる。また、シリコン単結晶棒 25 の外周面と蓄熱部材 47 の内周面との最小間隔 W_1 が 10 mm 未満であると引上げ途中のシリコン単結晶棒 25 にこの蓄熱部材 47 を内蔵する膨出部 41 が接触するおそれがある。

請求項 2 に係る発明は、請求項 1 に係る発明であって、蓄熱部材 47 はシリコン単結晶棒 25 の軸心線に対して平行に又は -30 度以上 $+30$ 度以下の角度で傾斜する外周面を有し、その外周面の上縁と蓄熱部材 47 の最下部との垂直距離 H_2 が 10 mm 以上 d 以下であって石英るつぼ 13 内周面との最小間隔 W_2 が 20 mm 以上 $d/4$ 以下であるシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材である。

この請求項 2 に記載されたシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材では、シリコン融液 12 又は石英るつぼ 13 からの放熱を蓄熱部材 47 の下面及び外周面が受けてその蓄熱部材 47 自体が温度上昇することにより、シリコン単結晶棒 25 の固液界面付近におけるシリコン単結晶棒 25 の外周部における急激な温度低下を阻止できる。ここで、蓄熱部材 47 の外周面における高さ H_2 が 10 mm 未満であると放熱を十分に断熱することができず、シリコン単結晶棒 25 の直径 d を越えるとこの蓄熱部材 47 を内蔵する膨出部 41 が大型化する。また、石英るつぼ 13 内周面との最小間隔 W_2 が 20 mm 未満であるところの熱遮蔽部材 36 が石英るつぼ 13 に接触するおそれがあり、 $0.25d$ を越えると十分に断熱することが困難になる。

ここで、蓄熱部材 47 は水平に形成された上面又は水平面に対して 0 度を越えた 80 度以下の角度 δ で上方に向うに従って直径が大きく形成された上面を有することが好ましい。水平又は傾斜した上面を有することにより、シリコン単結晶棒 25 の外周面と筒部 37 の内周面との間を流下する不活性ガスはスムーズにシリコン融液 12 と膨出部 41 との間に導かれる。

一方、蓄熱部材 47 の底面は、シリコン融液 12 からの輻射熱をその蓄熱

部材 4 7 が蓄熱することを助長させるために、図 1 に示すような水平面にするか、或いは図 9 及び図 1 0 に示すように、平面に対して 0 度を越えた 8 0 度以下の角度 (α 又は θ) で下方に又は上方に向うに従って直径が小さくなるように形成することが好ましい。

また、図 1 に示すように、筒部 3 7 が、内筒部材 3 7 a と、外筒部材 3 7 b と、内筒部材 3 7 a と外筒部材 3 7 b の間に充填又は介在された断熱材 3 7 c とを有するシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材であれば、ヒータ 1 8 や石英るつぼ 1 3 の内周壁からシリコン単結晶棒 2 5 に向う輻射熱を有効に遮り、膨出部 4 1 を越えて引上げられたシリコン単結晶棒 2 5 の冷却を促進させることができる。この場合、断熱材 3 7 c の内径 D_1 が $2d$ 以上であり、断熱材 3 7 c の厚さ t が 5 mm 以上であることが好ましく、内筒部材 3 7 a の厚さを n とするとき、内筒部材 3 7 a の内径 D_2 が $(2d - 2n)$ 以上であることが更に好ましい。このようなシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材では、ヒータ 1 8 や石英るつぼ 1 3 の内周壁からシリコン単結晶棒 2 5 に向う輻射熱を確実に遮ることができるだけでなく、筒部 3 7 が結晶 2 5 から離れている程、膨出部 4 1 より上方における結晶 2 5 の冷却を促進することができる。

図面の簡単な説明

図 1 は本発明シリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材を示す図 2 の A 部拡大断面図である。

図 2 はそのシリコン単結晶引上げ装置の断面構成図である。

図 3 は筒部が下方に向って直径が小さく形成された熱遮蔽部材を示す断面図である。

図 4 は断熱材が充填されていない筒部を有する熱遮蔽部材を示す断面図である。

図 5 は断面が六角形状の蓄熱部材を有する熱遮蔽部材を示す断面図である。

図 6 は断面が五角形状の蓄熱部材を有する熱遮蔽部材を示す断面図である。

。 図 7 は断面が五角形状の蓄熱部材を有する別の熱遮蔽部材を示す断面図である。

図 8 は断面が五角形状の蓄熱部材を有する更に別の熱遮蔽部材を示す断面図である。

図 9 は蓄熱部材の底面が下方に向うに従って直径が小さく形成された熱遮蔽部材を示す断面図である。

図 10 は蓄熱部材の底面が上方に向うに従って直径が小さく形成された熱遮蔽部材を示す断面図である。

発明を実施するための最良の形態

次に本発明の第 1 の実施の形態を図面に基づいて説明する。

図 2 に示すように、シリコン単結晶の引上げ装置 10 のチャンバ 11 内には、シリコン融液 12 を貯留する石英るつぼ 13 が設けられ、この石英るつぼ 13 の外周面は黒鉛サセプタ 14 により被覆される。石英るつぼ 13 の下面は上記黒鉛サセプタ 14 を介して支軸 16 の上端に固定され、この支軸 16 の下部はるつぼ駆動手段 17 に接続される。るつぼ駆動手段 17 は図示しないが石英るつぼ 13 を回転させる第 1 回転用モータと、石英るつぼ 13 を昇降させる昇降用モータとを有し、これらのモータにより石英るつぼ 13 が所定方向に回転し得るとともに、上下方向に移動可能となっている。石英るつぼ 13 の外周面は石英るつぼ 13 から所定の間隔をあけてヒータ 18 により包囲され、このヒータ 18 は保温筒 19 により包囲される。ヒータ 18 は石英るつぼ 13 に投入された高純度のシリコン多結晶体を加熱・融解してシリコン融液 12 にする。

またチャンバ 11 の上端には円筒状のケーシング 21 が接続される。このケーシング 21 には引上げ手段 22 が設けられる。引上げ手段 22 はケーシング 21 の上端部に水平状態で旋回可能に設けられた引上げヘッド（図示せず）と、このヘッドを回転させる第 2 回転用モータ（図示せず）と、ヘッドから石英るつぼ 13 の回転中心に向って垂下されたワイヤケーブル 23 と、

上記ヘッド内に設けられワイヤケーブル23を巻取り又は繰出す引上げ用モータ（図示せず）とを有する。ワイヤケーブル23の下端にはシリコン融液12に浸してシリコン単結晶棒25を引上げるための種結晶24が取付けられる。

更にチャンバ11にはこのチャンバ11のシリコン単結晶棒側に不活性ガスを供給しかつ上記不活性ガスをチャンバ11のるつぼ内周面側から排出するガス給排手段28が接続される。ガス給排手段28は一端がケーシング21の周壁に接続され他端が上記不活性ガスを貯留するタンク（図示せず）に接続された供給パイプ29と、一端がチャンバ11の下壁に接続され他端が真空ポンプ（図示せず）に接続された排出パイプ30とを有する。供給パイプ29及び排出パイプ30にはこれらのパイプ29, 30を流れる不活性ガスの流量を調整する第1及び第2流量調整弁31, 32がそれぞれ設けられる。

一方、引上げ用モータの出力軸（図示せず）にはエンコーダ（図示せず）が設けられ、るつぼ駆動手段17には支軸16の昇降位置を検出するエンコーダ（図示せず）が設けられる。2つのエンコーダの各検出出力はコントローラ（図示せず）の制御入力に接続され、コントローラの制御出力は引上げ手段22の引上げ用モータ及びるつぼ駆動手段の昇降用モータにそれぞれ接続される。またコントローラにはメモリ（図示せず）が設けられ、このメモリにはエンコーダの検出出力に対するワイヤケーブル23の巻取り長さ、即ちシリコン単結晶棒25の引上げ長さが第1マップとして記憶される。また、メモリには、シリコン単結晶棒25の引上げ長さに対する石英るつぼ13内のシリコン融液12の液面レベルが第2マップとして記憶される。コントローラは、引上げ用モータにおけるエンコーダの検出出力に基づいて石英るつぼ13内のシリコン融液12の液面を常に一定のレベルに保つように、るつぼ駆動手段17の昇降用モータを制御するように構成される。

シリコン単結晶棒25の外周面と石英るつぼ13の内周面との間にはシリコン単結晶棒25の外周面を包囲する熱遮蔽部材36が設けられる。この熱遮蔽部材36は円筒状に形成されヒータ18からの輻射熱を遮る筒部37と

、この筒部 3 7 の上縁に連設され外方に略水平方向に張り出すフランジ部 3 8 とを有する。上記フランジ部 3 8 を保温筒 1 9 上に載置することにより、筒部 3 7 の下縁がシリコン融液 1 2 表面から所定の距離だけ上方に位置するように熱遮蔽部材 3 6 はチャンバ 1 1 内に固定される。図 1 に示すように、筒部 3 7 は、内筒部材 3 7 a と、外筒部材 3 7 b と、内筒部材 3 7 a と外筒部材 3 7 b の間に充填又は介在された断熱材 3 7 c とを有する。この実施の形態における筒部 3 7 は同一直径の筒状体であり、断熱材 3 7 c は、カーボン繊維からなるフェルト材からなる。そして、シリコン単結晶棒 2 5 の直径を d とするとき、 d が 100 mm 以上である場合、この断熱材 3 7 c の内径 D_1 は $2d$ 以上であり外筒部材 3 7 b が石英るつぼ 1 3 の内面に接触しない範囲でその外径が決定される。この断熱材 3 7 c の厚さ t は 5 mm 以上になるように形成され、内筒部材 3 7 a の厚さを n とすると、内筒部材 3 7 a の内径 D_2 は $(2d - 2n)$ 以上になるように形成される。そしてこの筒部 3 7 の下部には筒内の方向に膨出する膨出部 4 1 が設けられる。

膨出部 4 1 は、筒部 3 7 の下縁に接続され水平に延びてシリコン単結晶棒 2 5 の外周面近傍に達するリング状の底壁 4 2 と、底壁 4 2 の内縁に連設された縦壁 4 4 と、この縦壁 4 4 の上縁に連設された上壁 4 6 とにより構成される。この実施の形態では、筒部 3 7 における外筒部材 3 7 b と底壁 4 2 は一体的に形成され、筒部 3 7 における内筒部材 3 7 a と上壁 4 6 と縦壁 4 4 とが一体的に形成される。内筒部材 3 7 a、外筒部材 3 7 b、底壁 4 2、縦壁 4 4 及び上壁 4 6 は、熱的に安定で高純度な黒鉛或いは表面に SiC がコーティングされた黒鉛によって作ることが好ましいが、熱的に安定な Mo (モリブデン) や W (タングステン) 等の材料を使うこともできる。

上壁 4 6 は水平か、或いは上方に向うに従って直径が大きくなるように形成され、上縁が筒部 3 7 における内筒部材 3 7 a に連続するように構成される。なお、筒部 3 7 の下部である外筒部材 3 7 b の下部と底壁 4 2 と縦壁 4 4 と上壁 4 6 とにより囲まれる膨出部 4 1 の内部にはリング状の蓄熱部材 4 7 が設けられる。この実施の形態における蓄熱部材 4 7 は、膨出部 4 1 の内部にカーボン繊維からなる $0.05 \sim 0.50 \text{ g/cm}^3$ のフェルト材で充填

することにより形成され、このカーボン繊維を蓄熱部材 4 7 として用いることにより、その蓄熱部材 4 7 の熱伝導率は $5 \text{ W} / (\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ 以下に制限される。但し、蓄熱部材 4 7 は、このカーボン繊維からなるフェルト材に限らず、熱伝導率が $5 \text{ W} / (\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ 以下であれば、アルミナ等の断熱材を使用することも可能である。

膨出部 4 1 の内部に設けられた蓄熱部材 4 7 は、膨出部 4 1 を形成する縦壁 4 4 によりシリコン単結晶棒 2 5 の軸心線に対して平行に又は -30 度以上 $+30$ 度以下の角度で傾斜する内周面が形成され、シリコン単結晶棒 2 5 の直径を d とするときその蓄熱部材 4 7 の内周面は高さ H_1 が 10 mm 以上 $d/2$ 以下であってシリコン単結晶棒 2 5 の外周面との最小間隔 W_1 が 10 mm 以上 $0.2d$ 以下になるように形成される。ここで、 -30 度とはシリコン単結晶棒 2 5 の軸心線に対して 30 度の角度を持って上方に向うに従って直径が小さくなるように形成されることを表し、 $+30$ 度とは軸心線に対して 30 度の角度を持って上方に向うに従って直径が大きくなるように形成されることを表すが、好ましくはシリコン単結晶棒 2 5 の軸心線に対して平行、即ち蓄熱部材 4 7 の内周面は鉛直になるように形成されることが好ましい。

一方、膨出部 4 1 を構成する上壁 4 6 が水平か、或いは上方に向うに従って直径が大きくなるように形成されることから、蓄熱部材 4 7 は水平に形成された上面、又は水平面に対して 0 度を越えた 80 度以下の角度 δ で上方に向うに従って直径が大きく形成された上面を有し、蓄熱部材 4 7 は、筒部 3 7 の下部によりシリコン単結晶棒 2 5 の軸心線に対して平行に又は -30 度以上 $+30$ 度以下の角度で傾斜する外周面が形成される。そして底壁 4 2 が水平に延びて形成されることから蓄熱部材 4 7 は水平に形成された底面を有し、蓄熱部材 4 7 の内周面及び外周面のそれぞれの下縁は同一の鉛直位置となり、その外周面の上面と蓄熱部材 4 7 の最下部との垂直距離 H_2 は 10 mm 以上 d 以下であって石英るつぼ 1 3 内周面との最小間隔 W_2 が 20 mm 以上 $d/4$ 以下になるように形成される。なお、直径 d が 200 mm のシリコン単結晶棒 2 5 を引き上げる場合における間隔 W_1 の好ましい値は $15 \sim 35 \text{ mm}$ であり、間隔 W_2 の好ましい値は $20 \sim 40 \text{ mm}$ である。

このように構成されたシリコン単結晶の引上げ装置の動作を説明する。

従来のシリコン単結晶の引上げ装置における熱遮蔽部材では、シリコン単結晶棒 2 5 をシリコン融液 1 2 から所定の引上げ速度で引上げると、シリコン単結晶棒 2 5 のシリコン融液 1 2 近傍における外周面からの放熱量が多いため、シリコン単結晶棒の中央における軸方向の温度勾配に比較してシリコン単結晶棒の外周部における軸方向の温度勾配は高くなる。

しかし本実施の形態のシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材 3 6 では、膨出部 4 1 より下方のシリコン融液近傍におけるシリコン単結晶棒 2 5 の周囲は高温のヒータ 1 8 及びシリコン融液 1 2 によって積極的に加熱される。一方、膨出部 4 1 の内部に設けられた蓄熱部材 4 7 も高温のヒータ 1 8 及びシリコン融液 1 2 によって積極的に加熱され、この膨出部 4 1 に対向するシリコン単結晶棒 2 5 の周囲は加熱された蓄熱部材 4 7 によって加熱される。これにより、シリコン単結晶棒 2 5 の下部外周部の急激な温度低下は阻止され、この部分におけるシリコン単結晶棒 2 5 の軸方向における温度勾配の径方向分布が略均一となり、ボロンコフの V/G モデルにより、無欠陥のシリコン単結晶棒 2 5 を製造することができる。一方、膨出部 4 1 より上方の筒部 3 7 の内側は、その筒部 3 7 によりヒータ 1 8 からの輻射熱が遮られ、膨出部 4 1 の内部に設けられた蓄熱部材 4 7 により高温のシリコン融液 1 2 からの輻射熱も遮られる。よって、膨出部 4 1 より上方に位置するシリコン単結晶棒 2 5 からの放熱は上述したシリコン単結晶棒 2 5 の下部に比較して促進される。

なお、上記実施の形態では、熱遮蔽部材の筒部 3 7 を円筒状に形成したが、図 3 に示すように、筒部 3 7 は下方に向うに従って直径が小さくなる中空の円錐台状に形成してもよい。筒部 3 7 を下方に向うに従って直径が小さく形成すれば、その筒部 3 7 とシリコン単結晶棒 2 5 の外周面との間を流下する不活性ガスをスムーズにシリコン融液 1 2 と膨出部 4 1 との間に導くことができる。

また、上記実施の形態では、内筒部材 3 7 a と外筒部材 3 7 b の間に断熱材 3 7 c を充填した筒部 3 7 を示したが、蓄熱部材 4 7 の内周面は高さ H_1 が

10 mm以上 $d/2$ 以下であって、シリコン単結晶棒25の外周面との最小間隔 W_1 が10 mm以上 $0.2d$ 以下である限り、図4に示すように、断熱材を充填していない筒部37であってもよい。

また、上記実施の形態では、縦壁44と底壁42と上壁46からなる膨出部41により断面四角形状の蓄熱部材47を示したが、図5に示すように、蓄熱部材47は断面六角形状であっても良く、図6～図8に示すような断面五角形状であっても良い。このような五角形状及び六角形状であっても、蓄熱部材47の内周面は高さ H_1 が10 mm以上 $d/2$ 以下であって、シリコン単結晶棒25の外周面との最小間隔 W_1 が10 mm以上 $0.2d$ 以下である限り、膨出部41より下方のシリコン融液近傍におけるシリコン単結晶棒25の周囲は高温のヒータ18及びシリコン融液12によって積極的に加熱され、シリコン単結晶棒25の固液界面付近におけるシリコン単結晶棒25の外周部における急激な温度低下を阻止できる。

更に、上述した実施の形態では、蓄熱部材47に水平な底面を形成したが、蓄熱部材47の内周面は高さ H_1 が10 mm以上 $d/2$ 以下であって、シリコン単結晶棒25の外周面との最小間隔 W_1 が10 mm以上 $0.2d$ 以下である限り、図9及び図10に示すように、蓄熱部材47は平面に対して0度を越えた80度以下の角度(α 又は θ)で下方に又は上方に向うに従って直径が小さく形成された底面を有するようにしても良い。このような熱遮蔽部材であっても、膨出部41より下方のシリコン融液近傍におけるシリコン単結晶棒25の周囲は高温のヒータ18及びシリコン融液12によって積極的に加熱され、シリコン単結晶棒25の外周部の急激な温度低下を阻止できる。

産業上の利用可能性

本発明のシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材では、シリコン単結晶棒の軸方向における温度勾配の径方向分布を略均一にすることができ、ボロンコフのモデルにより、無欠陥のシリコン単結晶棒を製造することができる。

請求の範囲

1. 石英るつぼ(13)の外周面を包囲するヒータ(18)により加熱されて前記石英るつぼ(13)に貯留されたシリコン融液(12)からシリコン単結晶棒(25)を引上げる装置に設けられ、下端が前記シリコン融液(12)表面から間隔をあけて上方に位置しかつ前記シリコン単結晶棒(25)の外周面を包囲して前記ヒータ(18)からの輻射熱を遮る筒部(37)と、前記筒部(37)の下部に筒内の方向に膨出して設けられた膨出部(41)と、前記膨出部(41)の内部に設けられ前記シリコン単結晶棒(25)の下部外周面を包囲するリング状の蓄熱部材(47)とを備えた熱遮蔽部材において、

前記蓄熱部材(47)は熱伝導率が $5 \text{ W} / (\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ 以下であり、

前記蓄熱部材(47)は前記シリコン単結晶棒(25)の軸心線に対して平行に又は -30 度以上 $+30$ 度以下の角度で傾斜する内周面を有し、

前記シリコン単結晶棒(25)の直径を d とするとき d が 100 mm 以上であり前記蓄熱部材(47)の内周面は高さ(H_1)が 10 mm 以上 $d/2$ 以下であって前記シリコン単結晶棒(25)の外周面と前記蓄熱部材(47)の内周面との最小間隔(W_1)が 10 mm 以上 $0.2d$ 以下になるように形成された

ことを特徴とするシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材。

2. 蓄熱部材(47)は前記シリコン単結晶棒(25)の軸心線に対して平行に又は -30 度以上 $+30$ 度以下の角度で傾斜する外周面を有し、

前記外周面の上縁と蓄熱部材(47)の最下部との垂直距離(H_2)が 10 mm 以上 d 以下であって前記石英るつぼ(13)内周面と前記蓄熱部材(47)の外周面との最小間隔(W_2)が 20 mm 以上 $d/4$ 以下である請求項1記載のシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材。

3. 筒部(37)が、内筒部材(37a)と、外筒部材(37b)と、前記内筒部材(37a)と前記外筒部材(37b)の間に充填又は介在された断熱材(37c)とを有する請求項2記載のシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材。

4. 断熱材(37c)の内径(D_1)が $2d$ 以上であり、前記断熱材(37c)の厚さ(t)が 5 mm 以上である請求項3記載のシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材。

。

5. 内筒部材(37a)の厚さを n とするとき、内筒部材(37a)の内径(D_2)が($2d - 2n$)以上である請求項4記載のシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材。

6. 蓄熱部材(47)は水平に形成された上面又は水平面に対して0度を越えた80度以下の角度(δ)で上方に向うに従って直径が大きく形成された上面を有する請求項1記載のシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材。

7. 筒部(37)が、内筒部材(37a)と、外筒部材(37b)と、前記内筒部材(37a)と前記外筒部材(37b)の間に充填又は介在された断熱材(37c)とを有する請求項6記載のシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材。

8. 断熱材(37c)の内径(D_1)が $2d$ 以上であり、前記断熱材(37c)の厚さ(t)が5mm以上である請求項7記載のシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材。

9. 内筒部材(37a)の厚さを n とするとき、内筒部材(37a)の内径(D_2)が($2d - 2n$)以上である請求項8記載のシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材。

10. 蓄熱部材(47)は水平に形成された底面を有する請求項1記載のシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材。

11. 筒部(37)が、内筒部材(37a)と、外筒部材(37b)と、前記内筒部材(37a)と前記外筒部材(37b)の間に充填又は介在された断熱材(37c)とを有する請求項10記載のシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材。

12. 断熱材(37c)の内径(D_1)が $2d$ 以上であり、前記断熱材(37c)の厚さ(t)が5mm以上である請求項11記載のシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材。

13. 内筒部材(37a)の厚さを n とするとき、内筒部材(37a)の内径(D_2)が($2d - 2n$)以上である請求項12記載のシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材。

14. 蓄熱部材(47)は平面に対して0度を越えた80度以下の角度(α 又は θ)で下方に又は上方に向うに従って直径が小さく形成された底面を有する請求項1記載のシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材。

15. 筒部(37)が、内筒部材(37a)と、外筒部材(37b)と、前記内筒部材(37a)と前記外筒部材(37b)の間に充填又は介在された断熱材(37c)とを有する請求項14記載のシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材。

16. 断熱材(37c)の内径(D_1)が $2d$ 以上であり、前記断熱材(37c)の厚さ(t)が 5 mm 以上である請求項15記載のシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材。

17. 内筒部材(37a)の厚さを n とすると、内筒部材(37a)の内径(D_2)が $(2d - 2n)$ 以上である請求項16記載のシリコン単結晶引上げ装置の熱遮蔽部材。

図 1

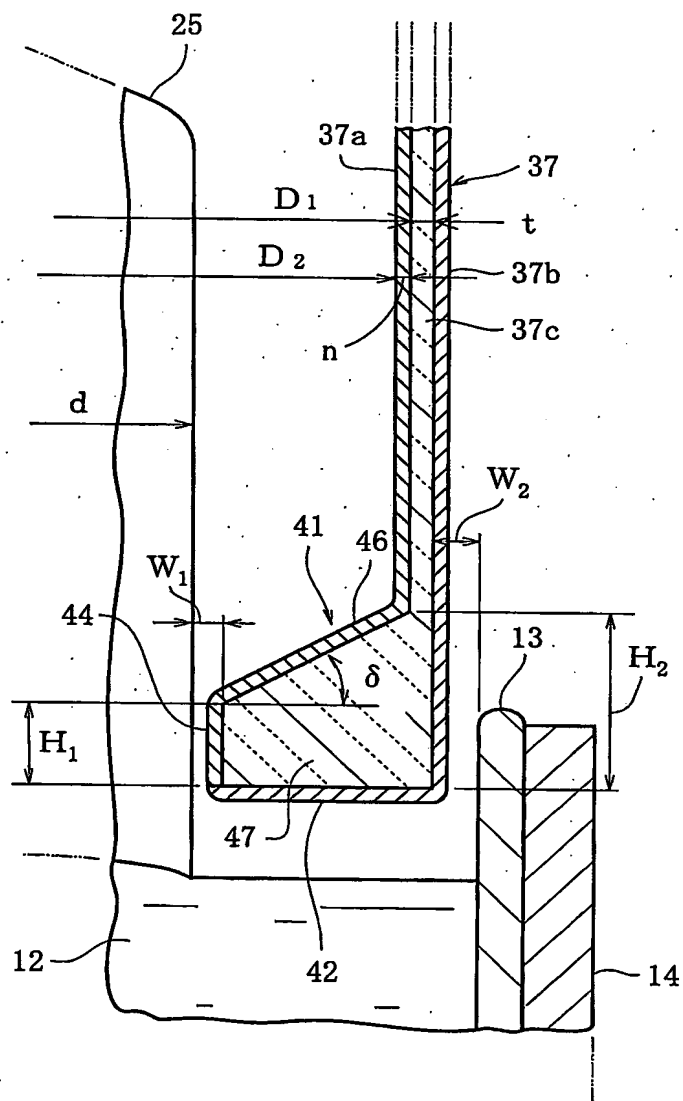


図 2

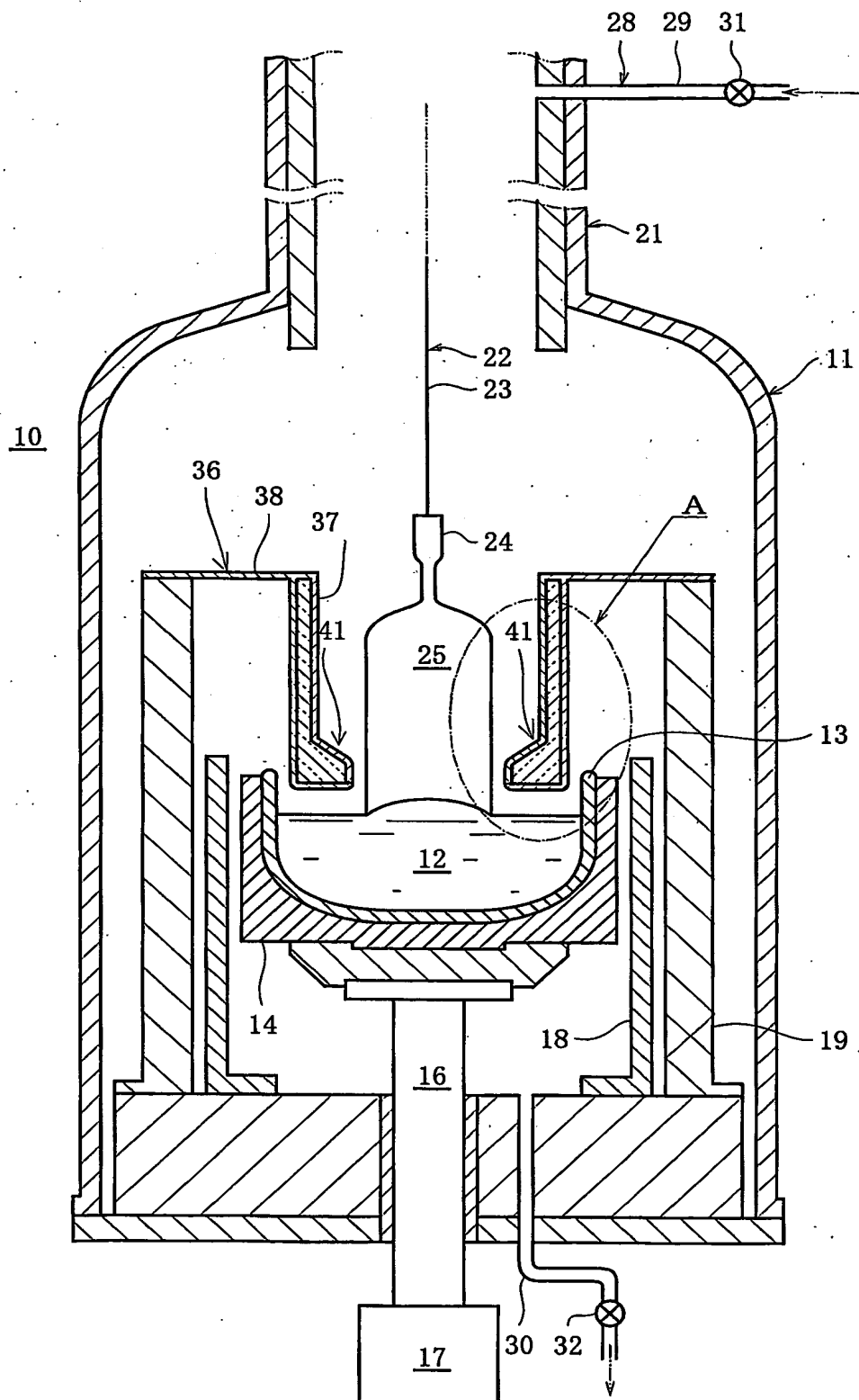


図 3

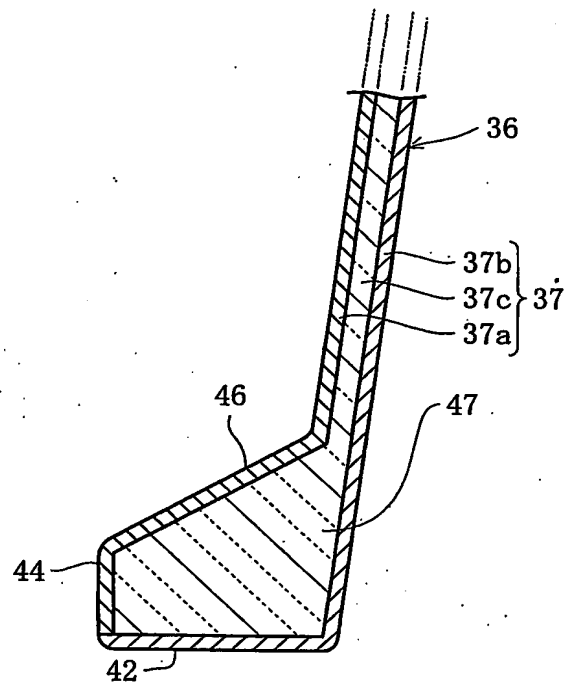


図 4

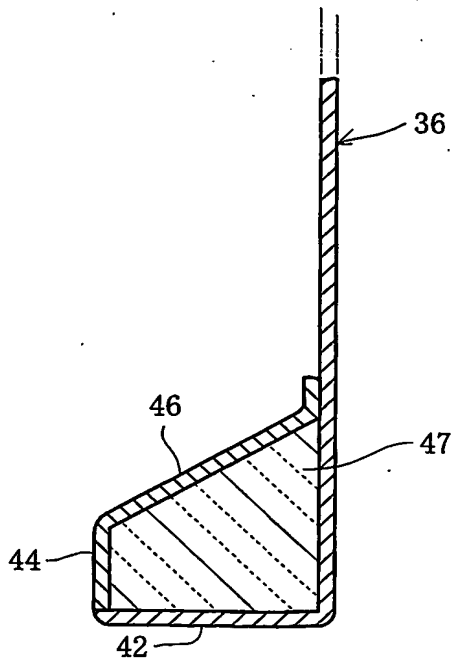


図 5

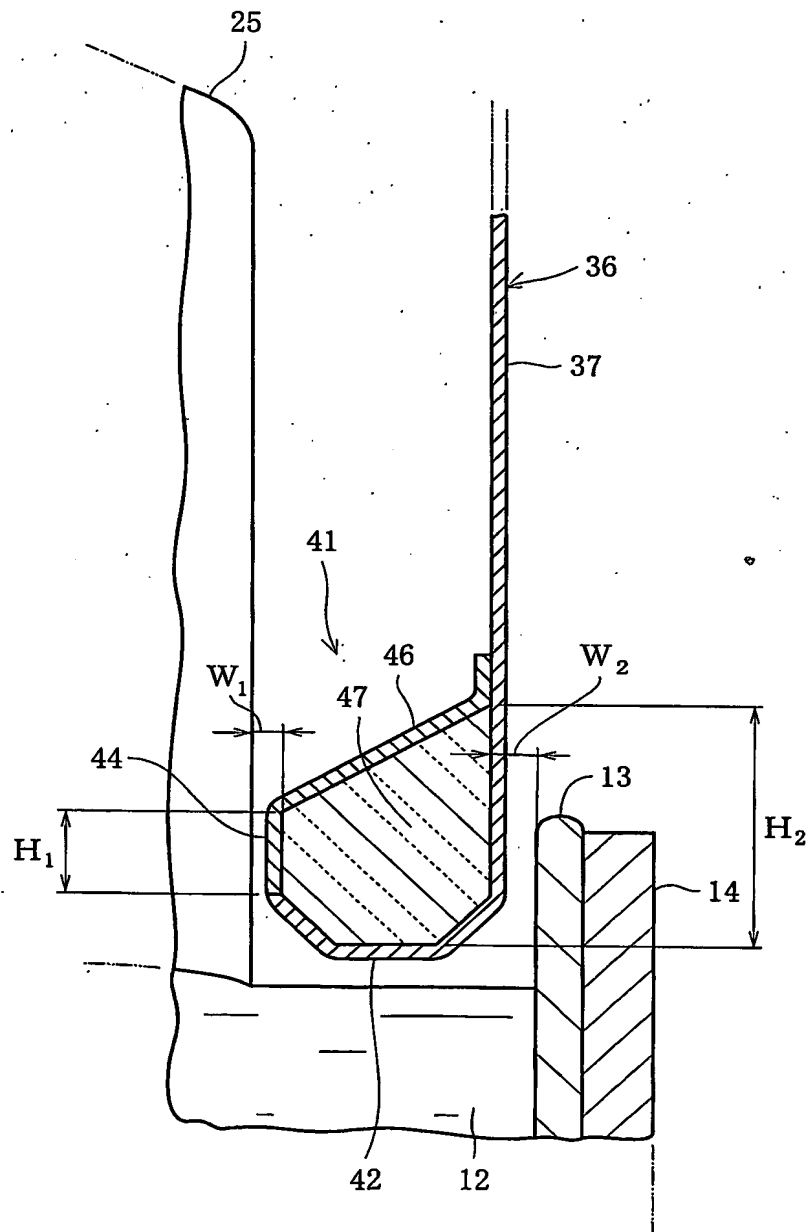


図 6

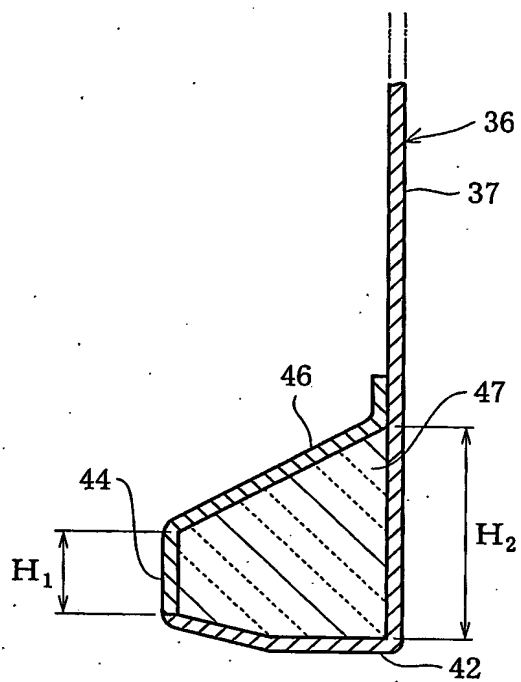


図 7

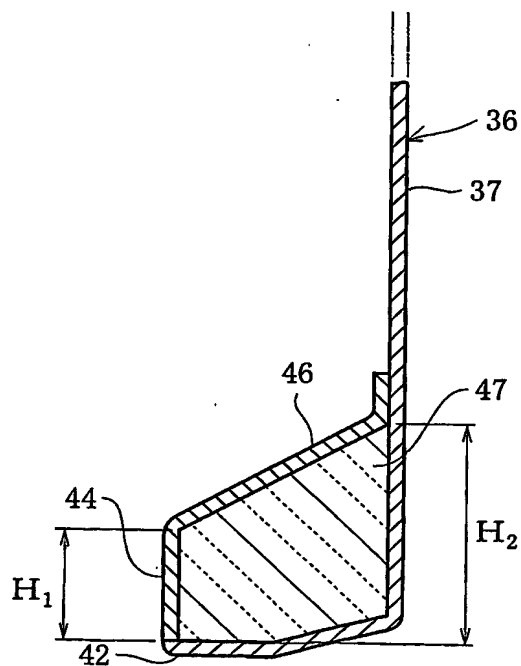


図 8

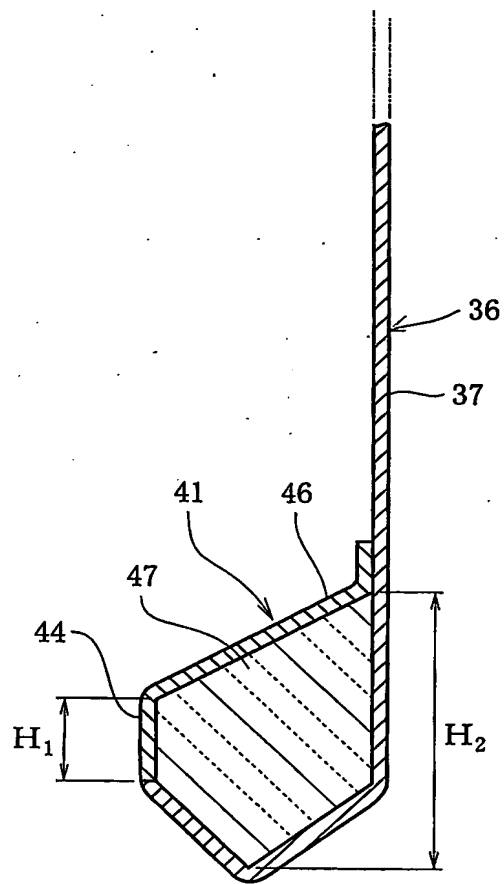


図 9

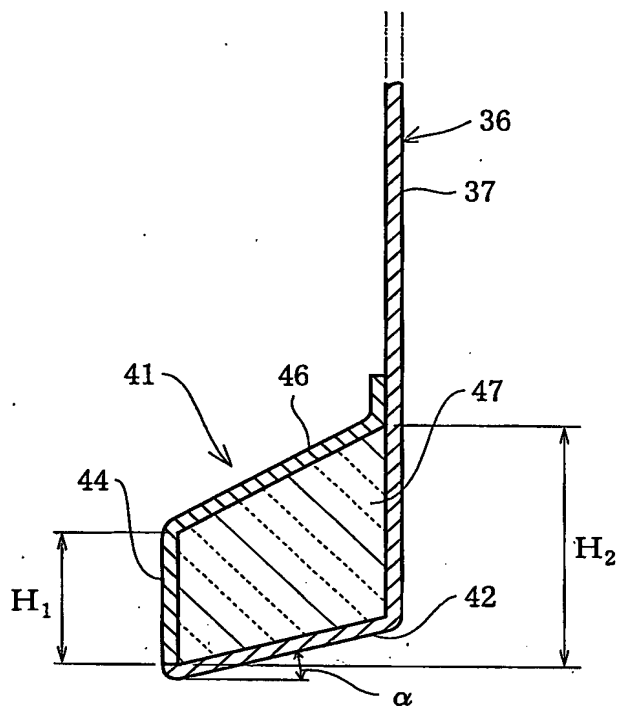
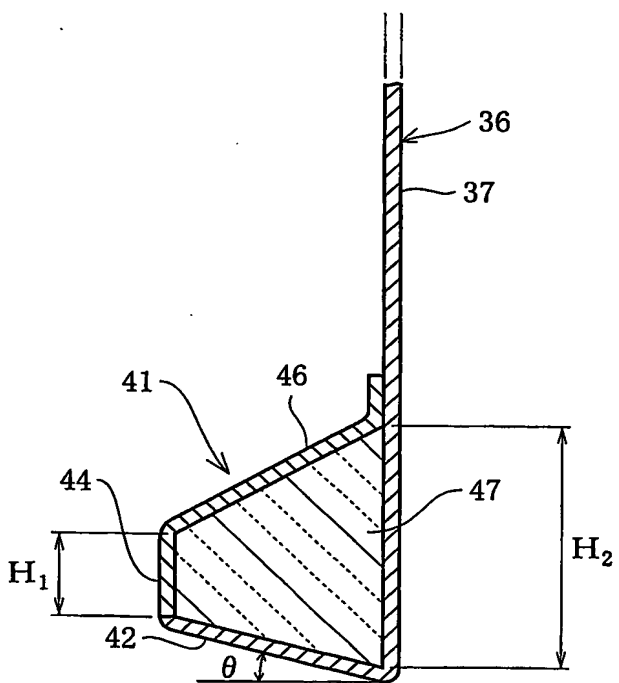


図 10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/11760

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ C30B29/06, C30B15/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ C30B1/00-35/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2000-247776 A (Mitsubishi Materials Silicon Corp.), 12 September, 2000 (12.09.00), Claims; Par. Nos. [0004], [0006], [0008], [0011], [0012], [0015], [0023], [0027]; drawings & DE 10040970 A1 & KR 358029 B	1-17
A	JP 5-35715 B2 (Osaka Titanium Co., Ltd.), 27 May, 1993 (27.05.93), Claims; column 5, lines 12 to 26; Fig. 1 (Family: none)	1-17
A	JP 2001-261494 A (Mitsubishi Materials Silicon Corp.), 26 September, 2001 (26.09.01), Full text (Family: none)	1-17

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
28 November, 2003 (28.11.03)

Date of mailing of the international search report
09 December, 2003 (09.12.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/11760

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-335993 A (Samsung Electronics Co., Ltd.), 05 December, 2000 (05.12.00), Full text & DE 10006589 A1 & KR 331552 B	1-17

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ C30B29/06、C30B15/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ C30B1/00-35/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2000-247776 A (三菱マテリアルシリコン株式会社) 2000.09.12 特許請求の範囲、[0004]、[0006]、[0008]、[0011]、[0012]、[0015]、 [0023]、[0027]、図面、 & DE 10040970 A1、& KR 358029 B	1-17
A	JP 5-35715 B2 (大阪チタニウム製造株式会社) 1993.05.27 特許請求の範囲、第5欄第12-26行、第1図、 (ファミリーなし)	1-17

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

28. 11. 03

国際調査報告の発送日

09.12.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

宮澤 尚之

4G

9278

電話番号 03-3581-1101 内線 3416

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2001-261494 A (三菱マテリアルシリコン株式会社) 2001.09.26 全文、(ファミリーなし)	1-17
A	JP 2000-335993 A (三星電子株式会社) 2000.12.05 全文、& DE 10006589 A1、& KR 331552 B	1-17